

## 주요 당류 및 해조류의 대사 에너지 함량 평가에 관한 연구

김은미\* · 우순자\*\* · 지규만

한국식품개발연구소,\* 고려대학교 자연자원대학 식품가공학과,\*\* 응용동물과학과

### A study on estimation of metabolizable energy content in starch-foods and seaweeds

Kim, Eun Mi\* · Woo, Soon-Ja\*\* · Chee, Kew Mahn

*Korea Food Research Institute,\* Songnam*

*Department of Food Technology,\*\* & Animal Science, College of Natural Resorce, Korea University*

#### ABSTRACT

The validity of the energy data of the starch-foods and seaweeds in Korean food composition tables has been suspected due to possible differences in their chemical compositions from those of western food ingredients. Energy conversion parameters being used currently in nutrition has been derived in countries where food items are quite different from ours. This study was undertaken to determine the metabolizable energy of starch-foods and seaweeds by the method selected in preexperiment<sup>20)</sup>.

Cooked starch foods and seaweeds were freeze-dried and fed to Sprague Dawley rat with 200~300g body weight to measure apparent metabolizable energy (AME) values and nitrogen-corrected AME (AMEn) values for four days after three days of preliminary period for adaptation to the diets.

The AME and AMEn values of the wheat noodle were 4554.6, 4584.7, the Starch Vermicelli, 3763.4, 3855.7, the Ra myon, 4916.9, 4876.0, the Buckwheat noodle, 4469.7, 4442.0 kcal / kg dry matter, the Potato, 4514.6, 4520.0 and those of the Bread, 3256.9, 3582.7 kcal / kg dry matter, respectively. The AME and AMEn values of the Sea mustard were 3108.6, 3260.5, kcal / kg dry matter, respectively. Those of Sea tangle were 1437.3, 1631.3 and of Laver, 3126.6, 3171.3 kcal / kg dry matter, respectively.

When the AME values of the starch-foods and seaweeds measured in present study were compared with energy values calculated by various conversion parameters such as Atwater's, Rubner's, Sochun's and FAO's, there appeared dramatic differences indicating that for many of the food items, the latter energy values by conversion factors are hardly acceptable. These data also suggest that the existing energy conversion factors are not applicable to seaweeds and a further study is needed to obtain specific factors for the conversion to biological energy from the chemical composition of seaweeds. (*Korean J Nutrition* 29(3) : 251~259, 1996)

**KEY WORDS** : apparent metabolizable energy(AME) · nitrogen corrected apparent metabolizable energy(AMEn).

서 론

사람은 유지와 성장에 필요한 에너지를 일차적으로 식품을 통해 공급 받고 있다. 따라서 식품의 에너지 함량을 정확하게 평가하는 것은 균형된 영양관리에 매우 중요하다.

Energy conversion factor는 간접적으로 식품의 대사 에너지량을 쉽게 산출하는데 사용되는 수치로 식품 성분표에 기재된 식품의 대사 에너지가도 이를 근거로 산출된 것이다<sup>1)2)</sup>. 한편, 곡류에 대해서는 여러가지 energy conversion factor들(Rubner, Atwater, FAO 등)이 제시되어 있지만, 서양에서보다 한국, 중국, 일본 등에서 주로 섭취되며 우리나라 식생활에서는 매우 중요시 되고 있는 해조 식품의 에너지가를 평가할 수 있는 방법은 아직까지 보고된 바가 없다. 또한, 이들 factor도 서양의 식생활에서 그들의 식품위주로 연구된 것이므로 우리의 식품에 무리없이 적용할 수 있는지에 대해 검토할 필요성도 있다.

특히, 해조 식품에는 다량의 탄수화물과 단백질이 함유되어 있으나 이들 탄수화물과 단백질은 난소화성 물질로 산, 알카리에 비교적 안정하고 특수한 세균효소에 의하지 않고는 가수분해되기 어렵기 때문에 다른 식품에 비해서 소화 흡수율이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 해조 식품의 열량가는 여러 생리학적 연소열가로 계산한 수치보다 훨씬 낮을 수도 있으므로, 우리나라의 주요 식품원인 해조류의 에너지 함량은 연구할 가치가 충분하다<sup>3)4)</sup>.

본 연구에서는 실험동물을 이용한 생체 balance 실험에 의해 한국인이 상용하는 당질식품 6가지와 해조 식품 3 가지의 일반대사 에너지(AME)와 질소 보정한 일반대사 에너지(AMEn)를 측정하고 그 결과를 기존의 에너지 conversion factor들에 의해 구해진 것과 비교하

여 그 타당성 여부를 살펴보고자 실시하였다.

실험 재료 및 방법

1. 실험설계, 실험 재료 및 실험 식이

실험군은 총 11군으로 이중 6처리군은 조리한 당질 식이군으로, 3군은 해조식이군으로, 2군은 기초식이군(Basal Diet)으로 하였다. 1군에 6마리의 쥐를 사용 하였으며 총실험기간은 각 군당 7일로 3일은 적응 기간으로 4일 동안은 실험기간으로 분변을 수거하였다.

본 연구를 위하여 Sprague Dawley종 실험용 흰쥐 10 주령, 230~330g의 수컷 30마리를 실험동물로 사용 하였다. 이들 실험동물은 30×30×30 cm 의 대사 cage(대중기기, 서울)에 개별 수용하여, 매일 일정 시간에 사양 관리를 하였다. 사육실의 채광은 자연 채광으로, 실내 온도는 22±2 °C으로 유지 하였으며, 물과 사료는 자유로히 먹을수 있도록 하였다. 기타 사항은 일반 사양 관리에 준하여 실시하였다<sup>5)</sup>.

본 실험에 사용한 시료들은 1992년 5월경에 국내 유통업체에서 구입한 것으로, 품질이 일정한 제품을 다량 구입하여 사용하였다. 이들 시료는 실험 식이를 배합하기 전까지 신선도를 유지하기 위해 냉장 혹은 냉동 보관 하였다. 특히, 해조류중 미역과 다시마는 자체 소금함량을 고려하여 탈염 시킨 것을 구입하여 사용 하였으며 Mohr 법으로 염도를 측정한 결과도 무시할 정도로 미량으로 나타났다. 시료의 종류와 구입장소, 처리방법등은 Table 1에 요약 하였으며 이들 시료의 일반 성분은 Table 2에 나타내었다.

Table 1에 나타낸 시료의 처리는 다음과 같다. 각 시료를 두가지 방법으로 처리 하였다. 구입한 시료에서 혼합된 이물질들을 제거한 다음 일부는 그대로 사용하고, 다른 일부는 각 시료에 대해 가장 선호도가 높은 조리 방

Table 1. Food items selected to measure energy values

Fodd items	Cooking condition	Producer or product name
국수(Noodle, C) <sup>1)</sup>	1Kg 국수 / 2 l 식용수를 넣고 20분 가열조리	샘표소면
당면(Starch ve., C)	적당량의 끓는 물에 넣은 후 20분 가열조리	(주)오뚜기
라면(Ra myon, C)	끓는 물에 스프없이 7분 정도 가열조리	(주)농심
모밀(Buck, n., C) <sup>3)</sup>	물이 끓기 시작한 후 20분 가열조리	
감자(Potato, C)	물이 끓기 시작한후 20분 가열조리	
식빵(Bread)	고려대학교 식품공학과에서 제조	
미역(Sea m., C) <sup>4)</sup>	미역중품을 10시간 물에 불려 씻은 다음 적당량의 끓는 물에 넣어 25분 가열조리	건미역 (주)삼일상사
다시마(Sea t., C) <sup>5)</sup>	다시마 중품을 끓는 물에 넣어 12분 가열조리	다시마 (주)삼일상사
김(Laver, R)	서해안 중급김을 그대로 사용	

1) R=Raw, R표시가 없는 시료는 cooked sample임

3) n.=noodle

5) t.=tangle

2) re.=vermicelli

4) m.=mustard

**Table 2.** Proximate analytical values of the food items

Items	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	Nitrogen free e. <sup>1)</sup>
..... % .....						
Noodle, cooked	12.75	5.22	0.19	0.82	0.73	80.29
Starch ve/. cooked <sup>2)</sup>	13.98	0.23	0.15	0.24	0.16	85.24
Ra myon, cooked	10.45	8.81	13.47	0.68	0.73	65.86
Bread, loaf, cooked	10.39	12.84	5.75	0.45	1.74	68.83
Potato, cooked	13.26	9.37	0.18	1.75	4.48	70.96
Buckwheat no., cooked <sup>2)</sup>	12.41	11.65	0.64	0.61	0.44	74.25
Sea mustard, cooked	15.80	22.30	1.90	3.60	11.20	45.30
Sea tangle, cooked	8.70	9.60	0.80	14.80	13.80	52.30
Laver, raw	11.90	36.70	0.40	3.30	6.90	40.70

1) Nitrogen free extract.      2) ve.=vermicelli, no.=noodle

**Table 3.** Formulation of experimental diets

Ingredients	Basal diet	Test diet
..... % .....		
Food item <sup>1)</sup>	-	30.0
Corn	76.4	46.4
Soybean meal	7.0	7.0
Wheat bran	4.0	4.0
Corn oil <sup>2)</sup>	10.0	10.0
Limestone	0.2	0.2
Dicalciumphosphate	1.7	1.7
NaCl	0.1	0.1
Premix <sup>3)</sup>	0.6	0.6
Total	100.0	100.0
Analytical values		
Crude protein, %	11.33	-
Crude fat, %	14.56	-
Crude fiber, %	3.05	-
AME, kcal/kg	3729.00	-

- 1) Refer to food items in table 1.
- 2) Stabilized by adding BHT(Chungang Chem. Co. Ltd. Korea, Seoul) at a level of 0.0125% of the oil
- 3) Vitamin and mineral premix supplied followings per kg diet : vitamin A 40 I.U., Vitamin D<sub>3</sub> 10 I.U., Vitamin E 60 I.U., Vitamin K<sub>3</sub> 8mg, Vitamin B<sub>2</sub> 1mg, Panthothenic Acid 1.2mg, Niacin 3.2mg, Fe 6mg, Mn 10mg, Cu 1mg, I 120ug, Zn

법으로 처리한 후, 동결건조를 하였다. 이것을 전자분쇄기로 수분간 분쇄시킨 후, 100 mesh체를 통과시키고, 통과되지 않은 가루는 다시 분쇄시켜 mesh를 통과시킨 시료와 합하여 -70°C 냉동고에 보관한 다음, 실험식을 배합하기전 6~24 시간 동안 풍건 시킨후 실험시료로 사용하였다.

실험 식의 배합표는 Table 3에서와 같다. 본 연구를 위한 실험식의 배합은 기초식이(Basal Diet)를 이용하였으며, 기초식내 성분중 옥수수 30%를 실험시료(Table 1의 food items)와 대치하여 실험식으로 사용 하였다. 배합된 실험 식의 일반 영양성분은 Table 4에서와 같다.

## 2. 조사항목 및 조사방법

매일 일정한 시간에 식이의 섭취량과 분뇨의 배설량을 조사하였으며, 분뇨는 따로 수거하여 분석 시료로 사용 하였다.

채취한 분은 부패 방지와 질소안정을 위하여 0.5 N sulfuric acid(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)를 분무한 후, 75°C의 열풍 순환 건조기에서 48시간 건조한 다음, 분쇄하여 100mesh screen을 통과하도록 입자의 크기를 일정하게 한뒤 -10°C 냉동 저장하였다. 채취한 뇨는 매일 무게를 재고난 후, 0.1 N hydrogen chloride(HCl)를 2 ml/day 씩 첨가한 후, 4°C 냉장 보관하면서 분석시료로 사용 하였다. 시험 시작전 개시 체중과 실험 종료시 종료 체중도 측정

**Table 4.** Proximate analytical values of the food items

Experimental diests	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	Nitrogen free e. <sup>1)</sup>
	..... % .....					
Noodle, cooked	10.77	12.27	15.28	2.58	4.04	55.06
Starch ve., cooked <sup>2)</sup>	9.49	8.38	14.93	2.83	3.82	60.55
Ra myon, cooked	8.28	11.43	19.90	3.37	4.36	52.66
Buckwheat no. cooked <sup>2)</sup>	9.40	12.40	16.30	2.53	3.84	55.53
Bread, loaf, cooked	9.07	12.85	15.96	2.56	4.21	55.35
Potato, cooked	12.87	11.74	15.68	3.16	4.43	51.32
Sea mustard, cooked	10.10	15.60	15.00	5.10	7.00	47.20
Sea tangle, cooked	9.70	10.60	14.80	6.10	8.00	50.70
Laver, raw	12.10	20.20	15.60	2.80	7.00	25.00

1) Nitrogen free extract      2) ve.=vermicelli, no.=noodle

하였다.

Table 2에 제시한 각 실험군의 식이별 일반성분은 A. O.A.C. 방법<sup>6)</sup>에 준하여 분석하였다. 수분은 105 °C 증발 건조법으로, 조단백질은 kjeldahl 분석법으로, 조지방은 soxhlet 분석법으로, 회분은 550 °C 회화법으로 분석 하였으며, 조섬유소는 Van Soest법으로 분석 하였다.

분의 질소함량은 식이의 분석방법과 같이 단백질 분석기(AutoKjelTech, Tector Co. No 1010)을 이용하여 구하였으며 뇨의 질소함량은 Muljibhai<sup>7)</sup>의 분석방법을 변형하여 분석 하였다. 이 방법은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 시료를 분해하여 수거한 암모니아를 acetylaceton-formaldehyde reagent와 반응시켜 412 nm에서 특징적인 흡광도를 나타내는 노란색의 3,5-diacetyl-1,4-dihydrolutidine을 생성케 하는 것을 기본 원리로 한 방법이다.

실험 시료와 분변, 뇨의 총에너지 함량은 ballistic bomb calorimeter(Gallenkem Co. England)를 사용하여 측정 하였으며 방법은 다음과 같다.

시료 및 분변의 에너지는 -10°C에 보관한 각 시료와 분변을 pelleting하여 무게를 정확히 칭량(0.7~0.8g)한 후 calorimeter용 수기에 넣어 태웠으며, 뇨의 에너지 측정은 측정전에 먼저 calorimeter용 수기의 무게와 수기에 맞게 자른 filter paper(Whatman No.4)의 무게를 측정한 다음, 4°C에 보관한 뇨를 filter paper에 pipet으로 일정량을 넣어 무게를 정확히 잰 후 vacuum dry oven (LabLine INS. Co., U.S.A)로 충분히 건조시켰다. 이를 calorimeter로 완전 연소 시켜 에너지 함량을 측정하였다. 이때 calorimeter의 온도는 상온과 같게 조절하였으며 standard 물질은 benzoic acid(6307.9 cal/g, Fisher Scientific Co., Moline)를 사용하였다.

실험사료의 대사 에너지 함량은 일반 대사 에너지

(apparent metabolizable energy, AME), 질소 보정한 일반 대사 에너지(nitrogen corrected apparent metabolizable energy, AMEn)를 측정하여 비교 하였다. AME 와 AMEn 의 계산 공식은 지규만과 박종호가<sup>8)</sup>가 보고한 바와 같으며 그 공식은 아래와 같다. 다만 AMEn 의 계산은 AME공식에 따라 구한 각 AME 값을 이용하여 아래와 같은 공식으로 구하였다. 여기서 0.3은 실험 사료의 대치 비율 (30%)를 반영한 것이며 질소 보정 계수는 urea-N 에 사용되는 7.82 kcal/g 을 사용 하였다<sup>9)10)</sup>

$$AME(kcal/kg) = \frac{(GEf \times X) - Yef}{Feed Intake(kg)}$$

AME : Apparent metabolizable energy (kcal/kg)

GEf: 실험식이의 kg당 Gross energy (kcal/kg)

Yef: 실험식이를 급여받은 실험용 흰쥐의 총 배설에너지(분뇨의 총에너지, kcal)

AME per gram test ingredient =

$$AME \text{ per gram Corn} + \frac{AME \text{ per gram Test diet} - AME \text{ per gram Basal diet}}{0.3}$$

AMEn per gram test ingredient =

$$AME \text{ per gram test ingredient} - 7.82 \left( \frac{Total \ N \ consumed(g) - Total \ N \ excreted(g)}{Feed \ intake(g)} \right)$$

AME : Apparent metabolizable energy (kcal/kg)

7.82 : 질소보정계수 (kcal/g urea nitrogen)

### 3. 실험결과의 통계처리

본 실험의 모든 결과는 평균과 표준편차로 표시하고 one way analysis of variance에 의해 분산 분석 되었으며, 각 평균간의 유의성 검정은 SAS<sup>11)</sup> 의 t-test 또는

Duncan's multiple range test로 유의수준  $P < 0.05$ 에서 비교하였다.

### 실험 결과 및 고찰

#### 1. 체중의 변화, 식이 섭취량, 에너지 섭취량 및 질소 섭취량

주요 당류 및 해조류의 섭취에 따른 체중의 변화, 식이 섭취량, 식이에 의한 에너지 섭취량 및 질소 섭취량은 Table 5에서와 같다. 당류군에서 체중간의 변이는 국수군(Noodle)과 라면군(Ra myon)을 제외하고는 전반적으로 증가하는 경향을 나타냈으나, 본실험의 실험 시기가 단기일(7일)이므로 체중의 차이는 개체간의 차이도 영향을 주었으리라 생각된다. 실험 식이의 섭취량은 모든군에서 비슷하여 유의차는 없는 것으로 나타났으나, Potato, Noodle, Buckwheat Noodle, Ra myon순으로 높게 나타났으며, Starch vermicelli가 가장 적게 섭취한 것으로 나타났다.

해조류에서, 체중간의 변이는 모든군이 감소한 것으로 나타났으며, Sea mustard, Laver, Sea tangle 순으로 변이가 적게 나타났다. 식이 섭취량은 Laver와 Sea Tangle은 거의 비슷하여 유의차가 나타나지 않았으나, Sea mustard가 상당히 적게 섭취한 것으로 나타났다. 전체적으로 당류군들이 해조군들보다 체중간의 변이가 작고 식이섭취량이 높게 나타났다.

에너지 섭취량은 Potato, Ra myon, Noodle순으로 높게 나타나 식이섭취량과는 다른 경향을 나타냈으나 당류군간의 통계적 유의차는 인정되지 않았으며( $P > 0.05$ ) 감자군이 325.8 kcal 로 가장 높게 당면이 228.0 kcal

로 가장 낮게 나타났다. 해조류에서는 김, 다시마, 미역순으로, 김이 259.4 kcal 로 가장 높게 미역이 164.8 kcal로 가장 낮게 나타났다.

질소 섭취량은 이 연령대의 요구량인 536mg/4day를 충분히 충족 시킨 것으로 나타났으며 당류군에서 당면군을 제외한 모든군이 비슷하게 나타났다. 그러나 모밀이 1368mg으로 가장 높게 당면이 857mg으로 가장 낮게 나타내어 그 차이가 511mg 정도로 크게 나타났다. 해조군에서는 김, 다시마, 미역순으로 나타났으며 김이 1845mg으로 전체군에서 가장 높게 다시마가 804mg으로 가장 낮게 나타났다.

전반적으로 당류군이 해조군보다 체중의 변이가 적고 식이 섭취량, 에너지 섭취량이 높게 질소 섭취량은 낮게 나타났다.

#### 2. 실험 식이의 총에너지 손실량, 분뇨의 총에너지 손실량, 에너지 축적량 및 질소 축적량

주요 당류 및 해조류의 총에너지 손실량, 분뇨 총에너지 손실량, 질소 보유량 및 에너지 보유량은 Table 6에 나타내었다. 전체적으로 해조군이 당류군보다 에너지 섭취량은 낮고 에너지 배설량이 높은것으로 나타났다. Fecal에 의한 에너지 손실량은 Starch Vermicelli가 가장 높게, Potato가 가장 낮게 나타났으며 분뇨에 의한 총에너지 손실량은 Burk wheat noodle이 가장 낮게, Bread가 가장 높게 나타나 당류중에서 Bread가 에너지 소화율이 가장 낮은 것으로 나타났다.

질소 손실량은 전반적으로 Starch Vermicelli를 제외한 모든군이 뇨에 의한 손실이 분에 의한 손실보다 큰 것으로 나타났는데 이는 단백질의 최종 산물이 주로 뇨

Table 5. Body weight change and dietary intake of rats during the balance study<sup>1)</sup>

Dietary groups <sup>2)</sup>	Body weight		Intake		
	Initial	Change	Feed	Grossenergy	Nitrogen
	g / rat		g / rat / 4days	kcal / rat / 4days	mg / rat / 4days
Basal Diet(BD)	259.8 ± 10.9	10.7 ± 3.6 <sup>a3</sup>	54.09 ± 7.86	245.5 ± 35.68	980 ± 142 <sup>ab</sup>
BD+Noodle	269.1 ± 7.7	-2.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	68.19 ± 7.83	314.3 ± 36.1	1329 ± 197 <sup>a</sup>
BD+Starch Vermicelli	247.6 ± 13.5	10.8 ± 1.6 <sup>a</sup>	62.42 ± 5.97	228.0 ± 26.6	857 ± 89 <sup>b</sup>
BD+Ra myon	300.6 ± 13.3	-4.3 ± 0.5 <sup>b</sup>	67.00 ± 9.54	322.6 ± 45.9	1225 ± 174 <sup>a</sup>
BD+Buckw. N.	255.7 ± 9.8	9.4 ± 2.4 <sup>a</sup>	67.75 ± 9.41	321.3 ± 43.3	1368 ± 190 <sup>a</sup>
BD+Potato	254.9 ± 8.4	0.7 ± 1.2 <sup>b</sup>	71.42 ± 8.72	325.8 ± 39.8	1321 ± 172 <sup>a</sup>
BD+Bread	265.4 ± 13.7	2.6 ± 1.7 <sup>b</sup>	65.83 ± 10.07	289.1 ± 44.2	1354 ± 207 <sup>a</sup>
Basal Diet(BD)	261.2 ± 10.1	4.8 ± 1.0 <sup>a</sup>	67.36 ± 5.10 <sup>a</sup>	305.8 ± 23.2 <sup>a</sup>	1230 ± 93 <sup>ab</sup>
BD+Laver	265.9 ± 10.7	-10.7 ± 3.1 <sup>c</sup>	57.31 ± 12.08 <sup>a</sup>	259.4 ± 54.7 <sup>a</sup>	1845 ± 398 <sup>a</sup>
BD+Sea tangle	266.3 ± 11.1	-11.5 ± 2.4 <sup>c</sup>	52.81 ± 6.35 <sup>a</sup>	228.1 ± 27.4 <sup>b</sup>	849 ± 102 <sup>b</sup>
BD+Sea mustard	284.6 ± 15.9	-3.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	35.04 ± 6.69 <sup>b</sup>	164.8 ± 31.5 <sup>c</sup>	804 ± 164 <sup>b</sup>

1) All values were expressed as Mean ± SD.

2) The grains were added at a level of 30% by replacing corn on a weight basis in the basal diet.

3) Means carrying different letters within each dietary group are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple

**Table 6.** Gross energy balance and nitrogen balance of rats fed ingredients as mixed diet<sup>1)</sup>

Dietary groups <sup>2)</sup>	Loss				Absorbed			
	Fecal energy	Urinary energy	Fecal N	Urinary N	Energy	Energy	Nitrogen	Nitrogen
	...kcal / rat / 4days...	...mg / rat / 4days...	...mg / rat / 4days...	...mg / rat / 4days...	kcal / rat / 4days	%	mg / rat / 4days	%
Basal Diet	42.67± 5.37	4.28±1.14 <sup>b3</sup>	203± 33	386± 96 <sup>a</sup>	198.57±31.09	80.9±1.9	391± 64 <sup>a</sup>	40.1± 4.9 <sup>ab</sup>
BD+Noodle	40.21±14.13	3.56±1.53 <sup>b</sup>	341±133	629± 157 <sup>a</sup>	270.53±24.26	86.1±3.3	358± 82 <sup>a</sup>	28.5±11.0 <sup>b</sup>
BD+Starch Vermicelli	41.65± 9.40	1.38±0.73 <sup>c</sup>	256± 42	156± 48 <sup>b</sup>	234.96±19.97	84.5±2.2	445± 85 <sup>b</sup>	51.7± 6.4 <sup>a</sup>
BD+Ra myon	40.83± 5.43	6.21±1.39 <sup>ab</sup>	284± 53	539± 180 <sup>a</sup>	275.60±42.11	85.4±1.6	401±148 <sup>b</sup>	33.3±13.0 <sup>a</sup>
BD+Buckw. N.	38.71± 6.63	4.16±1.46 <sup>b</sup>	254± 49	647± 411 <sup>a</sup>	269.39±37.74	86.3±1.8	467±365 <sup>b</sup>	35.5±30.6 <sup>a</sup>
BD+Potato	39.87± 7.70	4.64±1.81 <sup>b</sup>	326± 65	365± 139 <sup>a</sup>	281.32±31.27	86.3±1.2	630± 74 <sup>ab</sup>	48.4± 8.1 <sup>a</sup>
BD+Bread	39.39± 8.16	9.35±2.35 <sup>a</sup>	260± 46	1472±1057 <sup>a</sup>	240.37±37.90	83.4±1.9	-378±985 <sup>c</sup>	-25.2±74.2 <sup>b</sup>
Basal Diet	42.73± 5.87	5.28±2.08 <sup>a3)</sup>	278± 39	329± 20	257.75±19.68 <sup>a</sup>	84.3±1.6 <sup>a</sup>	622± 67 <sup>a</sup>	50.5± 2.7 <sup>a</sup>
BD+Laver	49.17± 9.78	5.58±2.23 <sup>a</sup>	363± 95	1123± 263	204.41±53.79 <sup>a</sup>	78.8±5.6 <sup>b</sup>	361±138 <sup>a</sup>	19.0± 4.4 <sup>b</sup>
BD+Sea tangle	60.07± 6.27	2.06±1.34 <sup>b</sup>	364± 68	437± 246	165.95± 2.27 <sup>ab</sup>	72.8±1.7 <sup>b</sup>	51±249 <sup>b</sup>	5.5±29.8 <sup>b</sup>
BD+Sea mustard	36.87± 7.45	1.75±0.73 <sup>b</sup>	286± 65	441± 227	126.17±24.29 <sup>b</sup>	76.6±1.5 <sup>b</sup>	76±238 <sup>b</sup>	7.1±34.8 <sup>b</sup>

1) All values were expressed as Mean±SD.

2) The grains were added at a level of 30% by replacing corn on a weight basis in the basal diet.

3) Means carrying different letters within each dietary group column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

중의 Urea로 배설되기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 특히 wheat로 제조한 Noodle, Ra myon과 Bread가 다른군보다 낮게 나타났으며 이중 Bread가 질소 손실이 가장 큰것으로 나타났다. 이는 제조원인 wheat의 gluten 함량의 차이로 Noodle, Ra myon은 주로 중력분으로 제조되며 Bread는 이보다 gluten 함량이 높은 강력분을 사용하여 위의 두군보다 강력한 팽창력과 효모의 발효력을 이용하여 제조되기 때문에 상대적으로 소화율이 낮게 나타난 것으로 추측된다.

해조류의 분뇨에 의한 에너지 배설량은 Sea tangle, Laver, Sea mustard 순으로 높게 나타났으며 식이 섭취량에 비해 분배설량이 당류군보다 많은 것으로 나타났는데, 이는 해조류에 다량 함유된 식이섬유소(난소화성 다당류)와 비소화성 단백질 때문으로 생각된다. 이와같이 해조군에 의한 분변은 유기성분이 많은데 Michael 등<sup>12)</sup>은 이러한 분변을 미생물 배지로 이용할 수 있으며 식이성 섬유소 특히 발효성 식이섬유소는 결장 미생물수와 미생물 대사에 영향을 준다고 하였다. 전반적으로, 해조군의 식이섭취량이 당질군에 비해 낮게(Table 5) 나타났는데 이는 식이내 energy density와 관련지어, 식이내 cellulose의 적당량의 증가는 energy density를 감소 시키므로 식이 섭취량을 증가 시킬 수 있으나, 과량의 cellulose의 증가는 오히려 식욕저하를 일으켜 식이섭취량을 감소 시킬 수 있다고 한 Milton 등<sup>13)</sup>의 연구결과와 관련이 있으며 식이내 과량의 해조류의 첨가는 오히려 식욕저하를 유발 시킬 것으로 추측된다.

당류군의 에너지 흡수량은 234~281 kcal, 흡수율은

83~86% 수준으로 개체간의 유의차는 인정되지 않았으나 Buckwheat Noodle, Potato가 86.3% 로 가장 높게, Bread가 83.4% 로 가장 낮게 측정된것으로 나타났다. Bread의 경우는 질소 손실량과 같이 난소화성 단백질인 gluten에 의해 에너지 소화율이 떨어진 것으로 생각된다.

해조류의 에너지 흡수량 및 흡수율은 당류군보다는 낮은 72.8~78.8% 로 나타났으며 김, 미역, 다시마 순으로 나타났으나 개체간의 유의차는 인정되지 않았다.

### 3. 실험 식이 및 단일 성분의 AME, AMEn

실험식이 및 단일성분의 AME, AMEn은 Table 7에 서와 같다. 당류군에서 실험식이의 AME intake는 모든군에서 유의적 경향을 보이지 않았으나, Table 5의 총 에너지 섭취량과 같이 Potato, Ra myon, Noodle, Buckwheat Noodle 순으로 높게 나타났으며, Bread가 가장 낮게 나타났다.

실험식이의 AME는 Ra myon이 가장 높게 나타났으며, Buckwheat Noodle, Noodle, Potato 순으로 나타났(p<0.05). 그 다음 Starch vermicelli, Bread 순으로 나타났으나 두군간의 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다(P>0.05). 전반적으로 실험 식이의 AMEn은 실험 식이의 AME와 마찬가지로 각군간의 통계적 유의성을 나타냈으나 Ry myon이 가장 높게 나타났으며(p<0.05) 그 다음 Noodle, Buckwheat Noodle, Potato, Starch Vermicelli, Bread 순으로 유의차가 있는것으로 나타났다 (p<0.05).

**Table 7.** Estimation of apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen-corrected AME (AMEn) contents of the various grains added to the basal diet<sup>1)</sup>

Dietary groups <sup>2)</sup>	Dietary		Single ingredients	
	AME	AMEn	AME	AMEn
..... kcal / kg .....				
Basel Diet	4104.1 ± 97.6 <sup>ca</sup>	4040.0 ± 100.3 <sup>c</sup>	-	-
BD+Noodle, boiled	4461.7 ± 170.6 <sup>b</sup>	4416.6 ± 168.6 <sup>b</sup>	4554.6 ± 568.8 <sup>a</sup>	4584.7 ± 562.1 <sup>a</sup>
BD+Starch ve.	4163.9 ± 110.1 <sup>c</sup>	4125.9 ± 95.0 <sup>c</sup>	3763.4 ± 366.9 <sup>b</sup>	3855.7 ± 316.6 <sup>b</sup>
BD+Ra myon, ins.	4479.3 ± 82.4 <sup>a</sup>	4427.4 ± 99.3 <sup>a</sup>	4916.9 ± 274.5 <sup>a</sup>	4896.0 ± 331.1 <sup>a</sup>
BD+Buckw, noodle	4389.5 ± 90.6 <sup>b</sup>	4327.8 ± 66.7 <sup>b</sup>	4469.7 ± 302.1 <sup>a</sup>	4442.0 ± 222.5 <sup>a</sup>
BD+Potato	4517.1 ± 62.1 <sup>b</sup>	4463.3 ± 53.3 <sup>b</sup>	4514.6 ± 206.9 <sup>a</sup>	4520.0 ± 177.7 <sup>a</sup>
BD+Bread, loaf	4014.6 ± 89.7 <sup>c</sup>	4059.1 ± 175.7 <sup>c</sup>	3256.9 ± 299.0 <sup>c</sup>	3582.7 ± 585.1 <sup>b</sup>
Basal Diet	4286.9 ± 82.3 <sup>ab3)</sup>	4205.5 ± 82.8 <sup>a</sup>	-	-
BD+Laver, d., R	4120.1 ± 230.5 <sup>a</sup>	4068.2 ± 197.4 <sup>a</sup>	3126.6 ± 678.5 <sup>a</sup>	3171.3 ± 657.9 <sup>a</sup>
BD+Sea tangle, C	3474.4 ± 82.8 <sup>b</sup>	3466.8 ± 66.4 <sup>b</sup>	1437.3 ± 275.9 <sup>b</sup>	1631.3 ± 221.3 <sup>b</sup>
BD+Sea mustard, C	4003.5 ± 76.3 <sup>a</sup>	3995.3 ± 143.8 <sup>a</sup>	3108.6 ± 254.3 <sup>a</sup>	3260.5 ± 479.2 <sup>a</sup>

1) All values were expressed as Mean ± SD.

2) Ins.=Instant, Ve.=vermicelli, Buckw.=Buckwheat, d.=dried, R=Raw, C=Cooked. All foods were added at a level of 30% by replacing corn on a weight basis in the basal diet.

3) Means carrying different letters within each dietary group are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

단일식품의 AME 및 AMEn은 Ra myon이 가장 높아서 통계적 유의차가 인정되었으며 그 다음은 Noodle, Potato, Buckwheat Noodle의 순이었으나, 각 개체간의 변이가 커서 유의적 차이는 인정되지 않았다(P > 0.05). 그 다음 Starch vermicelli, Bread 순으로 높게 나타나 실험 식이의 AME, AMEn과 같은 경향을 보였다. Bread는 에너지 측면에서 열량이 다른 식품에 비해 낮게 나타났는데, Ileostomy 환자를 대상으로 Oat, Cornflaks, Bread의 전분과 비전분성 다당류(NonStarch Polysaccharide, NSP)의 소화흡수과정에 관하여 조사한 Englyst 등<sup>14)</sup>의 연구는 모든 실험 식이에서 비전분성 다당류가 소화 흡수되지 않고 식이섬유로 회수되었다고 하였다. 여기에서 Oat의 주요 NSP는 수용성 β-glycan 이었으며, Oat전분의 0.6%, Cornflake의 4%, bread 의 2.5% 가 비전분성 다당류(식이섬유)로 소화되 흡수되지 않고 분변으로 회수되어 Cornflake와 Bread의 전분이 소화가 잘되지 않는 것으로 나타났다. 또 Annison 등<sup>15)</sup>의 연구에 의하면 밀의 영양가를 대사에너지가 (Apparent metabolizable energy, AME)로 평가 했을때 AME와 비전분성 다당류(Nonstarch Poly-saccharide, NSP, 주로 arabinoxylane 으로 구성)와는 negative상관관계 이며, 생리적으로 밀의 수용성 NSP가 영양적 활성(nutritive activity)을 가지는 반면, 불용성 NSP는 영양적 비활성인 것으로 나타났다.

Den 등<sup>16)</sup>은 생고구마와 가열처리한 고구마의 simple sugar, oligosaccharide, starch의 농도에 대해 조사 했을때, 생고구마의 수용성 당류중 85~96%, 가열처

리한 고구마의 17~54% 가 glucose, fructose, sucrose로 각각 총전분의 32~73%, 32~61% 로 나타났으며 legumes과는 달리 고구마에는 난소화성 oligosaccharide(NSP)의 농도가 너무 낮아 이로인한 고구마의 헛배부름을 설명할 수가 없었다고 하였다. Ra myon의 AME, AMEn이 가장 높게 나타났는데, 이는 제조시 기름에 튀기는 과정 중 상당량의 지방을 흡수했기 때문이라고 생각되며, Table 4의 일반성분 분석치 역시 조지방이 19%로 나머지 시료의 약 15%보다 높음을 보여 이같은 추론이 옳음을 뒷받침하고 있다. 한편, Ileostomy subjects를 대상으로 가열처리한 감자전분과 비전분성 다당류(NSP)의 소화흡수율을 조사한 Englyst<sup>17)</sup>의 연구에 의하면 가열 처리한 감자전분의 3%와 가열처리후 냉각시킨 감자전분의 12%, 비전분성 다당류(NSP)의 90% 이상이 소화가 안되는 것으로 나타나, 전분이 냉각에 의해 α-amylase에 대해 저항성이 생기고 재가열에 의해 소화율이 향상됨을 보여 주었다.

해조류에서, 실험 식이의 AME intake는 해조류의 종류별로 큰차이를 보였다. 실험식이의 AME에서 Laver와 Sea mustard군간에는 차이가 거의 없어 유의성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 Sea tangle은 위 두군보다 낮게 나타났다.

실험 식이의 AMEn intake도 AME intake와 같은 경향을 보였으며 실험식이의 AMEn도 Sea mustard, Laver, Sea tangle 순으로 높게 나타났으나, Sea mustard와 Laver간에는 통계적 유의차가 인정되지 않을 정도로 그 차이가 적게 나타났다(P > 0.05).

단일 식이의 AME와 AMEn은 서로 같은 경향을 보였으며 Sea mustard, Laver, Sea tangle 순으로 높게 나타났으며, AMEn도 Sea mustard, Laver, Sea tangle 순으로 차이가 났다( $p < 0.05$ ).

전체적으로 해조류의 AME, AMEn은 당류군 보다 낮게 나타났으며 특히 Sea tangle의 AME, AMEn은 각각 1437.3, 1631.3 Kcal/kg으로 가장 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 이것은 강 등<sup>4)</sup>(1976)의 연구결과와 같이 해조류의 열량가가 과량으로 평가되고 있음을 의미하며 이것은 Table 8의 결과로도 알 수 있다. 이에 따라 우리나라의 영양개선 연구소가 제작한 식품성분표(4차 개정판)<sup>18)</sup>에는 해조류의 열량가를 공백으로 남겨 놓고 있다. 본 실험에서는 김, 다시마, 미역의 에너지 소화율(축적률)은  $87.8 \pm 5.6$ ,  $72.8 \pm 1.7$ ,  $76.6 \pm 1.5\%$  (Table 6)로 나타났는데, 이 결과는 다시마, 미역의 에너지 소화율(총에너지 이용률,  $56 \pm 19$ ,  $66 \pm 24$ )이  $69 \pm 19$ ,  $62 \pm 24\%$ 로 나타난 일본의 井上 五郎 등<sup>19)</sup>에 의한 실험 결과보다는 높은 것으로 나타났다.

#### 4. 대사에너지가의 비교

당류 및 해조류의 대사 에너지가의 비교는 Table 8에 서와 같다. 당질군에서, 국수(Wheat), 라면(Ra myen), 모밀(Buckwheat noodle)의 실험치가 계산치들보다 높게 나타났으며 당면과 식빵의 실험치는 계산치보다 낮게 나타났다. 이는 식품의 난소화성 성분을 소화성 성분과 같은 에너지가로 계산하였기 때문이라 생각된다. 당면은 일본의 Socheun의 계수치가 가장 근접하게 나타났고 다른 계산치와는 대략 250 kcal 정도 차이가 났다. 라면과 감자에서는 실험치가 계산치보다 350 kcal 높게

나타났고 식빵은 실험치가 계산치보다 950 kcal 정도 낮게 나타났다.

당질군과는 달리 해조류의 대사 에너지가는 전반적으로 실험치가 계산치보다 낮게 나타났으며 그 차이도 당질군보다 크게 나타났다. 그 차이는 Laver의 경우 451.8~676.7 kcal/kg 정도, Sea tangle은 1911.6~2090.2 kcal/kg 정도, Sea mustard는 367.7~473.7 kcal/kg 정도로 실험치보다 계산치가 높게 나타났다. 이는 해조류에 다량 함유되어 있는 난소화성 당질과 단백질의 소화성 당질과 단백질과 같은 대사 에너지 값으로 계산하였기 때문이라 사료된다.

결과적으로, 본실험은 인체가 아닌 실험동물을 대상으로 실시한 식품의 에너지 대사 실험이므로 인체를 대상으로 실시한 실험과는 상당한 차이가 있을 것으로 사료된다. 그러나, 실험동물의 소화율을 고려한 측정방법이 계수만을 적용한 계산방식에 비해 대사 에너지가의 정확성이 더 높다고 생각된다. 그러므로 해조류의 대사 에너지 함량을 기존의 방법처럼 기존의 에너지 환산계수를 적용시켜 구한다는 것은 불합리적이라 생각되며 당류식품, 가공식품과 해조류에 적용시킬 수 있는 에너지 환산 계수에 대한 연구가 절실히 필요하다고 볼 수 있다.

## 요 약

본 실험에서, 국수의 AME와 AMEn은 4554.6, 4584.7 kcal/kg dry matter, 당면은 3763.4, 3855.7 kcal/kg dry matter, 라면은 4916.9, 4876.0 kcal/kg dry matter, 메밀은 4469.7, 4442.0 kcal/kg dry

**Table 8.** Comparison between AME values of single ingredients in this experiment and the calculated values by various energy conversion factors

Single ingredients <sup>1)</sup>	AME by this experiment	by Rubner <sup>2)</sup>	by Atwater <sup>3)</sup>	by FAO <sup>4)</sup>	by SoCheun <sup>5)</sup>
	kcal/kg				
Noodle, boiled	4554.6	4077.0	3977.4	4090.6	3873.2
Starch vermicelli	3763.5	4101.4	4001.3	4026.6	3901.9
Ramyon, instant	4916.9	4848.8	4719.5	4718.8	4670.6
Buckwheat noodle	4469.7	4117.4	4016.4	3900.9	3906.6
Potato	4514.6	3899.0	3803.8	3690.4	3699.0
Bread, loaf	3256.9	4343.6	4233.2	4294.1	4145.6
Laver, dried, R	3126.6	3803.3	3701.2	-	3578.4
Sea tangle	1437.3	3527.5	3440.8	-	3348.9
Sea mustard	3108.6	3678.5	3582.3	-	3478.3

1) R=Raw. The others are cooked.

2) Rubner's energy conversion factors are 4.1, 9.3, 4.1 kcal/kg, for protein, fat, carbohydrate, respectively.

3) Atwater's energy conversion factors are 4, 9, 4 kcal/kg, for protein, fat, carbohydrate, respectively.

4) FAO's energy conversion factors are 4.05, 8.37, 4.12 kcal/kg, for protein, fat, carbohydrate, respectively in noodle, ramyon, buckwheat noodle and bread, 2.37, 8.37, 4.03 in potato and starch vermicelli.

5) SoCheun's energy conversion factors are 3.8, 9.3, 3.9 kcal/kg, for protein, fat, carbohydrate, respectively.



matter, 감자는 4514.6, 4520.0 kcal/kg dry matter, 식빵은 3256.9, 3582.7 kcal/kg dry matter를 각각 나타냈다.

해조류의 AME와 AMEn은 당류의 AME와 AMEn보다 낮은 경향을 보여 미역의 AME와 AMEn가 3108.6, 3260.5 kcal/kg dry matter를 나타냈으며, 다시마는 1437.3, 1631.3 kcal/kg dry matter, 김은 3126.6, 3171.3 kcal/kg dry matter를 각각 나타냈다.

본 실험에서 구한 대사 에너지 함량을 Atwater, Rubner, Sochun, FAO 의 energy conversion parameter로 계산한 에너지 함량과 비교한 결과, 많은 식품 종류에서 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 기존의 energy conversion parameters를 당류와 해조류에 그대로 적용할 수 없음을 의미하며 나아가 식품의 화학 성분으로 생리적 에너지 함량을 예측하게 하는 특정 계수에 관한 좀 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

### Literature Cited

- 1) Swyer PR. Assumption used in measurements of energy, metabolism, *J Nutri* 121 : 1891-1896, 1991
- 2) Kenneth B. Energy metabolism in animals and man. Cambridge, 23-37, 1989
- 3) 西澤一俊. 海藻學 入門, 株式會社 講談社, 1989
- 4) 강명희, 김영배, 이서래. 동물실험에 의한 몇가지 해조식품의 소화 흡수율. *한국영양학회지*, 9(1) : 69-75, 1976
- 5) 김숙희, 지규만, 김화영, 성낙응, 주진순. 한국인 영양 권장량 설정을 위한 기초 연구. *한국인구보건 연구원*, 8-58, 1985
- 6) AOAC. Official method of analysis, 1990
- 7) Mulijibhai BD. Spectrophotometric method for microdetermination of nitrogen in kjeldahl digest. *J ASSOC OFF ANAL CHEM* 72(6) : 953-956, 1989
- 8) 지규만, 박종호, 병아리 사료에서 일반 대사 에너지와 순 대사 에너지의 이론적 정확성 비교를 위한 실험. *家畜誌* 1 : 98-108, 1992
- 9) Matterson LD, Potter LM, Stutz MW, Singsen EP. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens agricultural experiment station. The University of Connecticut Storrs, Connecticut, Research Report 7, 1965
- 10) Schneider and Flatt. The evaluation of feeds through digestibility experiments. *The University of Georgia Press*, 143-160, 1975
- 11) SAS. User's guide, SAS Co. 251-290, 1986
- 12) Michael AC, Mehta T, James RM. Effects of dietary cellulose and psyllium husk on monkey colonic microbial metabolism in continuous culture. *J Nutr* 119 : 979-985, 1989
- 13) Milton LS, Nesheim MC, Young RJ. Nutrition of the Chicken. M.L.SCOTT & ASSOCIATES, 3rd, Chapter 10 : 521-549, 1982
- 14) Englyst HN, Cumming. Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man, *Am. J Clin Nutr* 45 : 423-431, 1987
- 15) Annison G. Relationship between the levels of soluble nonstarch polysaccharides and the apparent metabolizable energy of wheats assayed in broiler chickens, *J Agric. Food Chem* 39 : 1252-1256, 1991
- 16) Den TV, Biermann CJ, Marlett JA. Simple sugars, oligosaccharides and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *J Agric Food Chem* 34 : 421-425, 1986
- 17) Englyst HN, Kingman SM. Dietary fiber and resistant starch : A nutritional classification of plant polysaccharides. *Dietary Fiber*, Plenum, 49-63, 1990
- 18) 식품성분표 (제 4 개정판). 농촌진흥청, 농촌영양개선 연구원, 1991
- 19) 井上 五郎·岸, 恭一·吉田 昭. 藻流およびキノコ類の人における吸収律と利用エネルギー値 食品學と營養學的カフ°ロチ, 蔭源出版社, 41-53, 1990
- 20) 김은미, 우순자, 지규만. 흰쥐의 성별, 체중 및 사료의 첨가방법이 대사 에너지 이용성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 29(8) : 717-726, 1995